

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : <p style="text-align: center; font-weight: bold;">H01L 33/00</p>	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/37000 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 21. November 1996 (21.11.96)		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/00761 (22) Internationales Anmeldedatum: 2. Mai 1996 (02.05.96) (30) Prioritätsdaten: 195 18 347.9 18. Mai 1995 (18.05.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINEN, Jochen [DE/DE]; Dianastrasse 38, D-85540 Haar (DE). </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> (81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i> </td> </tr> </table>			(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/00761 (22) Internationales Anmeldedatum: 2. Mai 1996 (02.05.96) (30) Prioritätsdaten: 195 18 347.9 18. Mai 1995 (18.05.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINEN, Jochen [DE/DE]; Dianastrasse 38, D-85540 Haar (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/00761 (22) Internationales Anmeldedatum: 2. Mai 1996 (02.05.96) (30) Prioritätsdaten: 195 18 347.9 18. Mai 1995 (18.05.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINEN, Jochen [DE/DE]; Dianastrasse 38, D-85540 Haar (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>			
(54) Title: LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR COMPONENT (54) Bezeichnung: LICHEMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT (57) Abstract <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>An LED with a cylindrical active region (a) arranged coaxially inside a cylindrical mesa of semiconductor material between covering layers (p, n) of opposite polarity, in which the radii of the cylinders of the active region and the mesa, and the height of the mesa, are such that there is no total reflection of the radiation emitted from the active region on the lateral surfaces of the mesa.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Leuchtdiode mit einer zylindrischen aktiven Zone (a), die koaxial im Innern einer zylindrischen Mesa aus Halbleitermaterial zwischen Mantelschichten (p, n) entgegengesetzten Vorzeichens der Leitfähigkeit angeordnet ist, wobei die Radien des Zylinders der aktiven Zone und der Mesa und die Höhe der Mesa so bemessen sind, daß keine Totalreflexion der von der aktiven Zone ausgehenden Strahlung an den seitlichen Oberflächen der Mesa stattfindet.</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> </div> </div>				

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauritanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Beschreibung

Lichtemittierendes Halbleiterbauelement

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine lichtemittierende Halbleiterdiode mit kurzen Anstiegs- und Abfallzeiten der Strahlungserzeugung sowie hohem externem Wirkungsgrad der Abstrahlung.

10

Effiziente Optokoppler mit hoher Grenzfrequenz benötigen Infrarotdioden (oder Leuchtdioden) mit kurzen Anstiegs- und Abfallzeiten der Strahlung sowie hohem externem Wirkungsgrad der Abstrahlung. Schnelle Änderungsmöglichkeit der Strahlungserzeugung wird unter anderem dadurch erreicht, daß die aktive Zone dotiert wird, daß das Volumen der aktiven Zone möglichst klein gemacht wird, daß für eine hohe Stromdichte des injizierten Stromes gesorgt wird, und dadurch, daß geringe parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten vorhanden sind. Ein hoher externer Wirkungsgrad, d. h. hohe Strahlungsausbeute nach außen, wird erreicht, wenn die im Halbleiterkristall erzeugte und in alle Richtungen abgestrahlte Strahlung möglichst unter einem Winkel auf die Grenzfläche zwischen dem Halbleitermaterial und der Umgebung trifft, bei dem noch keine Totalreflexion stattfindet, so daß die Strahlung aus dem Kristall austreten kann.

25

In der DE AS 1 297 230 ist eine lichtemittierende Halbleiterdiode beschrieben, die aus einer zylindrischen Scheibe aus n-leitendem GaAs mit einem Durchmesser von etwa 2 mm und mit einer Dicke von etwa 250 µm besteht. In dieser Scheibe ist eine p-leitende aktive Zone durch Eindiffusion von Zinkatomen hergestellt. Diese aktive Zone ist kreisförmig und konzentrisch zur Scheibe angeordnet und hat einen Durchmesser von etwa 0,5 mm und eine Tiefe von etwa 10 µm. Das Verhältnis der Radien der aktiven Zone und der zylindrischen Scheibe ist so gewählt, daß das ausgesandte Licht an dem Mantel des durch

30

35

die Scheibe gebildeten Zylinders keine Totalreflexion (total internal reflection) erfährt. In der GB 2 280 061 A ist eine LED beschrieben, bei der das Licht auf der Oberseite austritt und für eine Reflexion der Strahlung in diese Richtung auf der der Austrittsfläche gegenüberliegenden Seite der aktiven Schicht ein Bragg-Reflektor vorgesehen ist. In der EP 0 582 078 A1 ist eine für Superlumineszenz vorgesehene LED beschrieben, bei der das seitlich auf schräge Endflächen der aktiven Schicht auftreffende Licht zunächst im rechten Winkel auf einen parallel zu dieser Schicht angeordneten Bragg-Reflektor reflektiert wird und dann senkrecht von diesem Reflektor nach oben reflektiert wird. In der DE 42 31 007 A1 ist eine LED beschrieben, bei der eine für den Lichtaustritt vorgesehene Vorderseite einschließlich der nahezu ebenen Seitenflächen mit Ausnahme eines mit einem Kontakt bedeckten Bereiches mit einer die Auskopplung der Strahlung verbessernden reflexionsmindernden Schicht bedeckt ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein strahlungserzeugendes Halbleiterbauelement mit hohem externem Wirkungsgrad der Abstrahlung und schneller Steuerungsmöglichkeit der Strahlungsintensität anzugeben.

Diese Aufgabe wird mit der Halbleiterdiode mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Bei der erfindungsgemäßen Leuchtdiode befindet sich eine für Strahlungserzeugung vorgesehene zylindrische aktive Zone aus Halbleitermaterial im Inneren einer zylindrischen Mesa und coaxial zu dieser Mesa angeordnet. Das Verhältnis der Radien der Mäntel der Zylinder dieser aktiven Zone und dieser Mesa ist so bestimmt, daß in allen Richtungen der von der aktiven Zone ausgesandten Strahlung an dem Mantel des von der Mesa gebildeten Zylinders keine Totalreflexion stattfindet. Bei einer vorzugsweisen Ausgestaltung dieser Diode befinden sich unter und über der aktiven Zone als Bragg-Reflektoren wirken-

de Schichtfolgen aus Schichten von abwechselnd hohem und niedrigem Brechungsindex, die die Strahlung zur lateralen Begrenzungsfläche der Mesa, d. h. zum Mantel des von der Mesa gebildeten Zylinders, reflektieren.

5

Es folgt eine genauere Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dieser Diode anhand der Figuren 1 bis 3.

Figur 1 zeigt die Abmessungen der Mesa und der aktiven Zone in Aufsicht.

10

Figuren 2 und 3 zeigen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Diode im Querschnitt.

Die Diode ist vorzugsweise aus epitaktisch aufgewachsenen Schichten aufgebaut. Die in Figur 2 eingezeichnete aktive Zone a besteht vorzugsweise aus MQW-Schichten (Multiple Quantum Well), die ein geringes Volumen der die Strahlung erzeugenden aktiven Bereiche mit kurzen Lebensdauern der Ladungsträger und somit große Schnelligkeit garantieren und außerdem eine geringe Absorption für die sie durchdringende Strahlung besitzen. Die die aktive Zone enthaltende Schicht oder MQW-Schichtstruktur ist zwischen vertikal bezüglich der Schichtebene dazu angeordnete und für die Strahlung transparente Mantelschichten (p, n) angeordnet. Diese Mantelschichten können bis zu einigen μm Dicke aufweisen und sind auf verschiedenen Seiten der aktiven Zone für elektrische Leitung zueinander entgegengesetzter Leitfähigkeitstypen dotiert. Diese Mantelschichten p, n können jeweils Schichten oder Schichtfolgen umfassen, die eine Reflexion auftreffender Strahlung zur lateralen Begrenzungsfläche der Mesa hin unter einem für den Austritt der Strahlung aus der Mesa geeigneten Winkel bewirken. Wenn die Diode z. B. im Materialsystem von GaAs realisiert ist, können die Mantelschichten im wesentlichen aus AlGaAs mit einem Al-Anteil von z. B. 10% bis 15% bestehen, und für Totalreflexion der in den Mantelschichten geführten Strahlung zur Seitenfläche der Mesa hin können Schichten aus AlGaAs mit einem Al-Anteil von z. B. 70% bis 100% vorhanden

15

20

25

30

35

sein. Statt dessen können als Bragg-Reflektoren wirkende Schichtfolge vorhanden sein, die aus einer Folge von Schichten mit abwechselnd höherem und niedrigerem Brechungsindex bestehen. Die Dicke dieser Schichten ist so bemessen, daß
5 diese Schichtfolgen für die darauf aus der aktiven Zone auftreffende Strahlung als Bragg-Reflektoren B wirken, die die Strahlung zu den seitlichen Grenzflächen der Mesa reflektieren. Die Strahlung wird also im wesentlichen im Bereich zwischen diesen Bragg-Reflektoren B gehalten, so daß auf der
10 Oberseite der die aktive Zone und die Mantelschichten enthaltenden zylindrischen Mesa ein für Strominjektion vorgesehener Kontakt K aufgebracht sein kann, ohne daß dadurch ein für Lichtaustritt vorgesehener Bereich mit einem Material bedeckt würde, das Strahlung absorbiert oder reflektiert. Falls die
15 aktive Zone a in einer Schicht vorgesehen ist, die aus einem für Strahlungserzeugung geeigneten Halbleitermaterial besteht und die gesamte seitliche Ausdehnung der Mesa umfaßt, kann der Bereich, in dem Strahlung erzeugt wird, auf die vorgesehene zylindrische aktive Zone in der Mitte der Mesa begrenzt werden, indem die Strominjektion nur in diesen Bereich
20 erfolgt. Zu diesem Zweck ist, wie in Figur 2 eingezeichnet, der Kontakt K nur im Bereich F der bezüglich der Schichtebene senkrechten Projektion der aktiven Zone auf der oberen Mantelschicht p aufgebracht und in dem dazu äußeren ringförmigen Bereich durch eine Isolatorschicht I von dem Halbleitermaterial elektrisch isoliert. In diesem Ausführungsbeispiel befindet sich die Mesa auf einem Substrat, das elektrisch leitend dotiert ist und das auf seiner der Mesa gegenüberliegenden Rückseite mit einem zweiten Anschlußkontakt K
25 versehen ist. Für die Schichtfolge der Halbleitermaterialien der Mesa kann z. B. das Materialsystem von GaAs verwendet werden. Ternäre Schichten sind dann z. B. aus AlGaAs, quaternäre Schichten aus AlInGaAs. Ebenso ist das Materialsystem von InP für diese Diode verwendbar.

35

Bei der Ausführungsform der Figur 3 befindet sich der für Strominjektion vorgesehene Kontakt auf der Oberseite der Mesa

nur in dem ringförmigen äußeren Bereich um die zur Schichtebene senkrechte Projektion der aktiven Zone. Der Kontakt weist über der aktiven Zone eine in diesem Beispiel runde Öffnung auf, die als Fenster für den Austritt der Strahlung vorgesehen ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann z. B. nur der obere Bragg-Reflektor weggelassen sein. Um die Strominjektion auf die aktive Zone in der Mitte zu konzentrieren, befindet sich seitlich unter dem Kontakt eine Schichtfolge mit pnp-Übergängen oder npn-Übergängen. Diese Schichtfolge wird z. B. dadurch gebildet, daß in der oberen Mantelschicht eine für elektrische Leitung des dazu entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps dotierte Schicht aufgewachsen wird. Strominjektion in die aktive Zone wird dadurch ermöglicht, daß im Bereich der bezüglich der Schichtebenen senkrechten Projektion der aktiven Zone z. B. durch eine Implantation oder Diffusion von Dotierstoff diese entgegengesetzt dotierte Schicht in der oberen Mantelschicht umdotiert wird, so daß im Bereich über der aktiven Zone keine pn- oder np-Übergänge vorhanden sind. Der mit diffundiertem Dotierstoff versehene Bereich D ist in Figur 3 durch die gestrichelte Linie angedeutet. Auf dem Mantel des von der Mesa gebildeten Zylinders ist zum Herabsetzen der Teilreflexion eine Antireflexschicht AR aufgebracht.

Die Mesa bildet einen Zylinder mit dem Radius R (s. Figur 1). Die aktive Zone im Innern dieser Mesa ist vorzugsweise ebenfalls zylindrisch mit dem Radius r . Die aktive Zone kann entweder durch eine zylindrische Schicht aus für Strahlungserzeugung geeignetem Halbleitermaterial gebildet sein oder durch die beschriebene Anordnung des für Strominjektion vorgesehenen Kontaktes in der vorgesehenen Form ausgebildet sein. Erfindungsgemäß ist das Verhältnis der Radien dieser Zylinder so gewählt, daß alle seitlich emittierten Strahlen von Strahlungsquellen in der aktiven Zone höchstens unter einem Winkel α zur Senkrechten (Flächennormalen) auf die Fläche des Mantels des von der Mesa gebildeten Zylinders treffen, der kleiner ist als der Grenzwinkel für die Totalre-

flexion zwischen Halbleiterkristall und dem umgebenden Medium. In Figur 1 ist als Beispiel der Strahlengang für drei verschiedene Austrittsrichtungen der Strahlung mit Pfeilen eingezeichnet. Vom Mittelpunkt der aktiven Zone ausgehend

5 trifft die Strahlung senkrecht auf die Außenfläche der Mesa und verläßt geradlinig die Mesa. Die von den Randbereichen der aktiven Zone (z. B. vom Punkt A) ausgesandte Strahlung trifft unter dem Winkel α zur Normalen auf die Mantelfläche

10 auf und wird in die Richtung des in durchgehender Linie gezeichneten Pfeiles bzw. des gestrichelt gezeichneten Pfeiles gebrochen. Die Dicke der Mantelschichten zwischen den Bragg-Reflektoren bzw. die Höhe der Mesa wird so bemessen, daß zusammen mit dem Verhältnis der in Figur 1 eingezeichneten Radien R , r auch am unteren und oberen Rand des Zylindermantels

15 der Mesa keine Totalreflexion der Strahlung stattfindet. Bei Halbleitermaterial mit Brechungsindex von etwa 3,4 und Luft als die Mesa umgebendem Medium ergibt sich für sehr flache Mesas etwa ein Grenzwert von 0,3 für den Quotienten r/R . Dieser Grenzwert darf nicht überschritten werden, falls Totalreflexion vermieden werden soll. Die aktive Zone darf also

20 bei gegebener Abmessung der Mesa kleiner sein, als diesem Grenzwert entspräche. Falls die Diode in einen für die Strahlung transparenten amorphen Festkörper eingebettet ist, ergeben sich größere Werte für den Quotienten r/R . Wenn die Diode

25 z. B. in Gießharz mit einem Brechungsindex von etwa 1,5 eingebettet ist, dann ist bei dem angegebenen Brechungsindex für das Halbleitermaterial der Grenzwert für den Quotienten r/R etwa 0,44. Wegen des geforderten schnellen Ansprechens der Diode auf Änderungen der angelegten Spannung wird das Volumen

30 der aktiven Zone, also der Radius r recht klein gewählt. Günstig ist ein Wert für r zwischen 20 μm und 40 μm .

Bei einer genaueren Betrachtung muß auch berücksichtigt werden, daß der Punkt der Strahlungserzeugung und der Punkt, an dem die Strahlung die Mesa verläßt, nicht in derselben Ebene

35 bezüglich der Schichtfolge liegen müssen. Der Winkel zwischen der Strahlungsrichtung in der Mesa und der Senkrechten auf

die seitliche Oberfläche der Mesa, aus der die Strahlung austritt, im Punkt des Strahlungsaustrittes wird im folgenden auch mit α bezeichnet. Einen maximalen Wert nimmt dieser Winkel für eine Strahlungsrichtung an, die von einem Punkt am Rand der aktiven Zone ausgehend auf einen Punkt auf dem Mantel des von der Mesa gebildeten Zylinders gerichtet ist, der auf der diesem Punkt der Strahlungserzeugung zugewandten Seite liegt. Es brauchen also nur Punkte der Strahlungserzeugung auf dem Rand der aktiven Zone berücksichtigt zu werden.

Der Abstand desjenigen Punktes, an dem die Strahlung die Mesa verläßt, von der zu der Schichtebene koplanaren Ebene, in der die Erzeugung des betreffenden Lichtstrahles erfolgt, wird im folgenden mit h bezeichnet. In dieser Ebene der Strahlungserzeugung wird mit θ derjenige Winkel bezeichnet, der eingeschlossen wird von dem in der Ebene der Strahlungserzeugung von dem Mittelpunkt der aktiven Zone zu diesem Punkt der Strahlungserzeugung gerichteten Radius und von der bezüglich der Schichtebenen senkrechten Projektion der von dem Mittelpunkt der aktiven Zone zu dem Punkt des Austritts der Strahlung aus der Mesa gerichteten Strecke in die Ebene der Strahlungserzeugung.

In Aufsicht ergibt sich die in Figur 1 dargestellte Ansicht mit dem Punkt der Strahlungserzeugung A auf dem Rand der aktiven Zone und dem Punkt des Austritts der Strahlung B aus der Mesa, wobei die auf diese Punkte gerichteten, vom Mittelpunkt der aktiven Zone ausgehenden Strahlen in die Ebene der Strahlungserzeugung projiziert den Winkel θ einschließen. In diesem Fall ist allerdings der Punkt B des Strahlungsaus-

tritts senkrecht zur Zeichenebene nach oben oder unten versetzt; der Punkt A liegt in der Zeichenebene (Ebene der Strahlungserzeugung). Der Winkel θ wird aber in der Zeichenebene gemessen. Dazu ist der Punkt B senkrecht zur Zeichenebene in die Zeichenebene zu projizieren. Der Winkel α ist aber jetzt als räumlicher Winkel anzusehen, der zwischen der Senkrechten auf den Mantel des von der Mesa gebildeten Zylinders im Punkt B und der Verbindungsstrecke zwischen den Punk-

ten A und B gebildet wird. Für diesen Winkel erhält man die folgende Gleichung, in der der zur Zeichenebene senkrechte Abstand des Punktes B von der Zeichenebene wieder mit h bezeichnet ist:

5

$$\cos \alpha = (R - r \cos \theta) (R^2 - 2Rr \cos \theta + r^2 + h^2)^{-1/2}$$

Der Winkel α ist maximal, wenn gilt:

10 $\cos \theta = (r^2 + h^2)/(rR)$ oder $\theta = 0$ im Fall $h > (Rr - r^2)^{1/2}$.

Für den Wert $\sin \alpha$, der maximal dem Quotienten der Brechungsindizes des äußeren Mediums und des Halbleitermaterials der Mesa gleich sein darf, erhält man:

15

$$\sin \alpha = (r^2 + h^2)^{1/2}/R \text{ für } h \leq (Rr - r^2)^{1/2}$$

$$\sin \alpha = h((R - r)^2 + h^2)^{-1/2} \text{ für } h \geq (Rr - r^2)^{1/2}.$$

- 20 Bei den angegebenen Zahlenbeispielen von 0,3 bzw. 0,5 für r/R ist $(Rr - r^2)^{1/2} = 0,458 R$ bzw. $= 0,5 R$, d. h. bei einem symmetrischen Schichtaufbau der Mesa ist die Höhe der Mesa fast gleich dem halben Durchmesser, was bei praktischen Ausführungsbeispielen kaum realisiert werden dürfte. Man kann also
- 25 davon ausgehen, daß der maximale Wert von $\sin \alpha$ gegeben ist durch den Term $(r^2 + h^2)^{1/2}/R$. Der maximale Winkel zur Normalen auf den Zylindermantel der Mesa ergibt sich also für die Strahlung, die ausgehend von dem Rand der aktiven Zone zu der oberen oder unteren Kante der Mesa gelangt, und zwar in der
- 30 Strahlungsrichtung, die senkrecht steht auf der Verbindungsstrecke zwischen dem Punkt A der Strahlungserzeugung und der bezüglich der Schichtebene senkrechten Projektion des Mittelpunktes der aktiven Zone in die zur Schichtebene koplana-
- 35 etwa die obere oder untere Grundfläche des von der Mesa gebildeten Zylinders).

Patentansprüche

1. Lichtemittierende Halbleiterdiode mit einer Folge aus bezüglich einer Schichtebene übereinander aufgewachsenen
5 Schichten aus Halbleitermaterial, die eine für Strahlungserzeugung vorgesehene aktive Zone (a) in einer Schicht aus für Strahlungserzeugung geeignetem Halbleitermaterial zwischen vertikal bezüglich dieser Schichtebene dazu angeordneten und für elektrische Leitung zueinander entgegengesetzter Leitfähigkeitstypen dotierten Mantelschichten (p, n) umfaßt,
10 bei der diese Schichtfolge in einer zylindrischen Mesa ausgebildet ist,
bei der diese aktive Zone zylindrisch ist und coaxial zu dem durch diese Mesa gebildeten Zylinder angeordnet ist,
15 bei der der Quotient der Radien der Mantel des von dieser aktiven Zone gebildeten Zylinders und des von der Mesa gebildeten Zylinders höchstens den Wert des Quotienten der Brechungsindizes des diese Mesa in der Schichtebene der aktiven Zone umgebenden Materials und des diese aktive Zone in dieser Schichtebene umgebenden Materials dieser Mesa besitzt
20 und
bei der diese Mantelschichten mit Mitteln versehen sind, die die Strahlung zu dem Mantel des die Mesa bildenden Zylinders lenken.
- 25
2. Diode nach Anspruch 1,
bei der die Abmessungen der Mesa und der aktiven Zone so gewählt sind, daß auf dem Mantel des von der Mesa gebildeten Zylinders jeder Punkt, der für Austritt von in der aktiven
30 Zone erzeugter Strahlung vorgesehen ist, von einer zu der Schichtebene parallelen Ebene in der aktiven Zone höchstens einen solchen Abstand hat, daß die durch den Radius des Mantels des von der Mesa gebildeten Zylinders dividierte Wurzel aus der Summe des Quadrates dieses Abstandes und des Quadrates des Radius des Mantels des von der aktiven Zone gebildeten Zylinders höchstens den Wert des Quotienten der Brechungsindizes des diese Mesa in der Schichtebene der aktiven
35

Zone umgebenden Materiales und des diese aktive Zone in dieser Schichtebene umgebenden Materiales dieser Mesa besitzt.

3. Diode nach Anspruch 1 oder 2,
5 bei der die Mesa von Luft umgeben ist und der Quotient der Radien der Mäntel des von der aktiven Zone gebildeten Zylinders und des von der Mesa gebildeten Zylinders höchstens 0,3 ist.
- 10 4. Diode nach Anspruch 1 oder 2,
bei der die Mesa von einem für die in der aktiven Zone zu erzeugende Strahlung durchlässigen amorphen Festkörper umgeben ist und der Quotient der Radien der Mäntel des von der aktiven Zone gebildeten Zylinders und des von der Mesa gebildeten
15 Zylinders höchstens 0,5 ist.
5. Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei der die Mantelschichten jeweils eine Schicht umfassen, die in einem bezüglich der Schichtebenen vertikalen Abstand
20 zur Schichtebene der aktiven Zone angeordnet ist und die einen niedrigen Brechungsindex hat als das Material, das zur aktiven Zone hin an diese Schicht angrenzt.
6. Diode nach Anspruch 5,
25 bei der die Mantelschichten im wesentlichen $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ mit x mindestens 0,1 und höchstens 0,15 sind und bei der die Schicht niedrigeren Brechungsindexes jeweils $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ mit x mindestens 0,7 und höchstens 1 ist.
- 30 7. Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei der die Mantelschichten jeweils eine Schichtfolge aus bezüglich der Schichtebene übereinander aufgewachsenen Schichten unterschiedlicher Brechungsindizes umfassen und
bei der diese Schichten im Wechsel höheren und niedrigeren
35 Brechungsindexes angeordnet sind und jeweils so dick sind, daß diese Schichtfolge jeweils für die Wellenlängen der in

der aktiven Schicht erzeugten Strahlung einen Bragg-Reflektor bildet.

8. Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
5 bei der die aktive Zone (a) durch einen Bereich in einer Schicht aus strahlungserzeugendem Halbleitermaterial gebildet ist und
bei der auf einer Grundfläche des von der Mesa gebildeten Zylinders ein Kontakt (K) vorhanden ist, der für Strominjektion
10 in die aktive Zone vorgesehen und mit einer Mantelschicht in einem Bereich, der auf die bezüglich der Schichtebene senkrechte Projektion der aktiven Zone begrenzt ist, elektrisch leitend verbunden ist.
- 15 9. Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
bei der die aktive Zone (a) durch einen Bereich in einer Schicht aus strahlungserzeugendem Halbleitermaterial gebildet ist,
bei der auf einer Grundfläche des von der Mesa gebildeten Zylinders ein Kontakt (K) vorhanden ist, der für Strominjektion
20 in die aktive Zone vorgesehen und mit einer Mantelschicht (p) elektrisch leitend verbunden ist,
bei der dieser Kontakt in einem Bereich, der mindestens die bezüglich der Schichtebene senkrechte Projektion der aktiven
25 Zone (a) umfaßt, eine fensterartige Aussparung aufweist und bei der die mit diesem Kontakt elektrisch leitend verbundene Mantelschicht (p) außerhalb dieser bezüglich der Schichtebene senkrechten Projektion der aktiven Zone eine Schichtfolge umfaßt, in der eine Schicht (n), die für den dieser
30 Mantelschicht entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp dotiert ist, vertikal bezüglich der Schichtebene zwischen Schichten, die für den Leitfähigkeitstyp dieser Mantelschicht dotiert sind, angeordnet ist.
- 35 10. Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
bei der der Radius des Mantels des die aktive Zone begrenzenden Zylinders zwischen 20 µm und 40 µm beträgt.

FIG 1 1 / 1

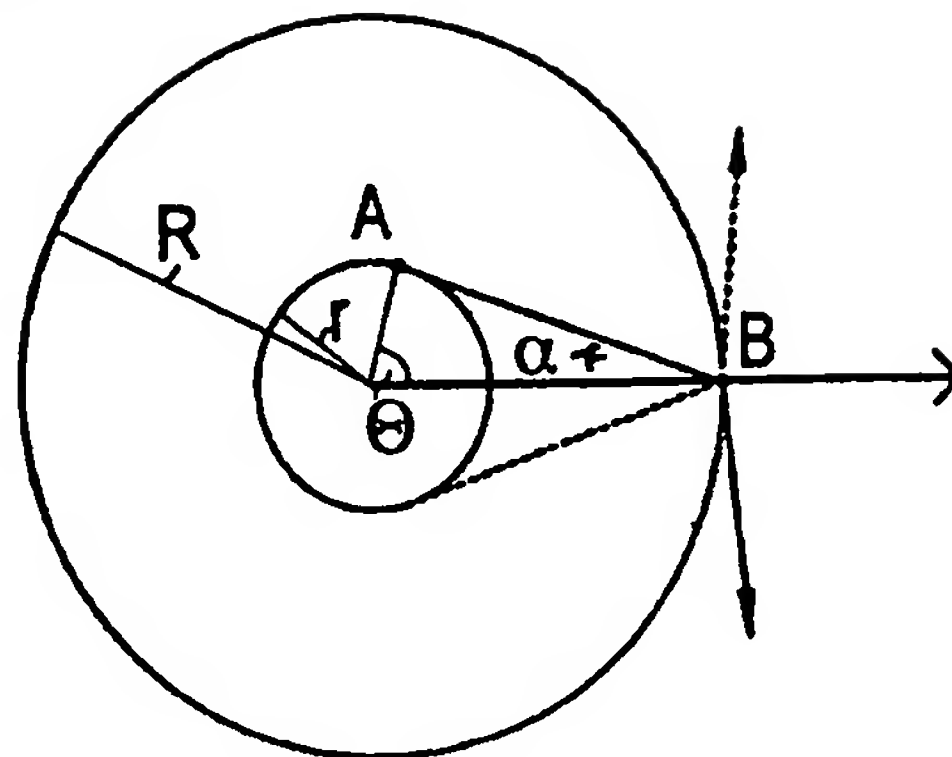


FIG 2

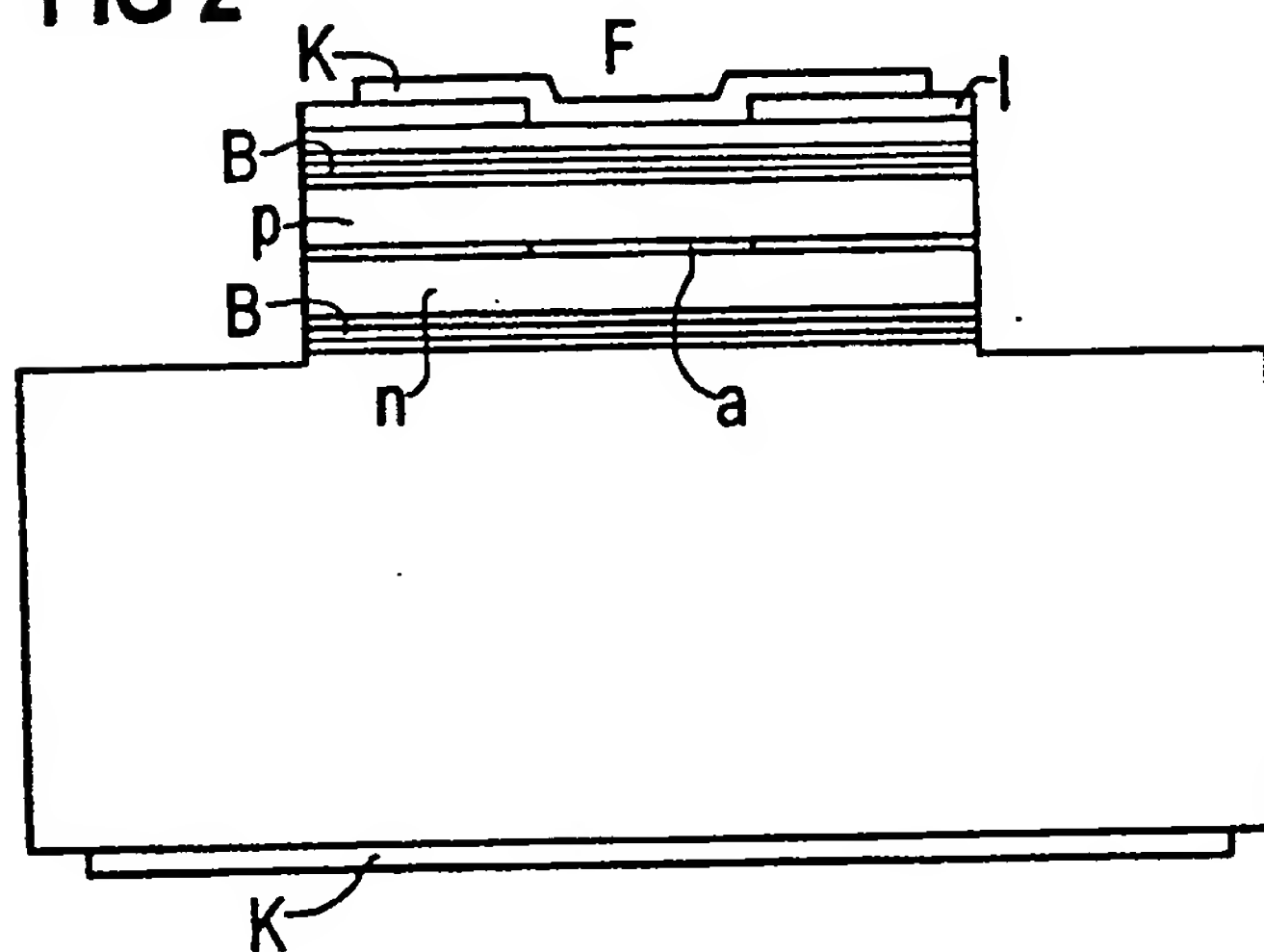
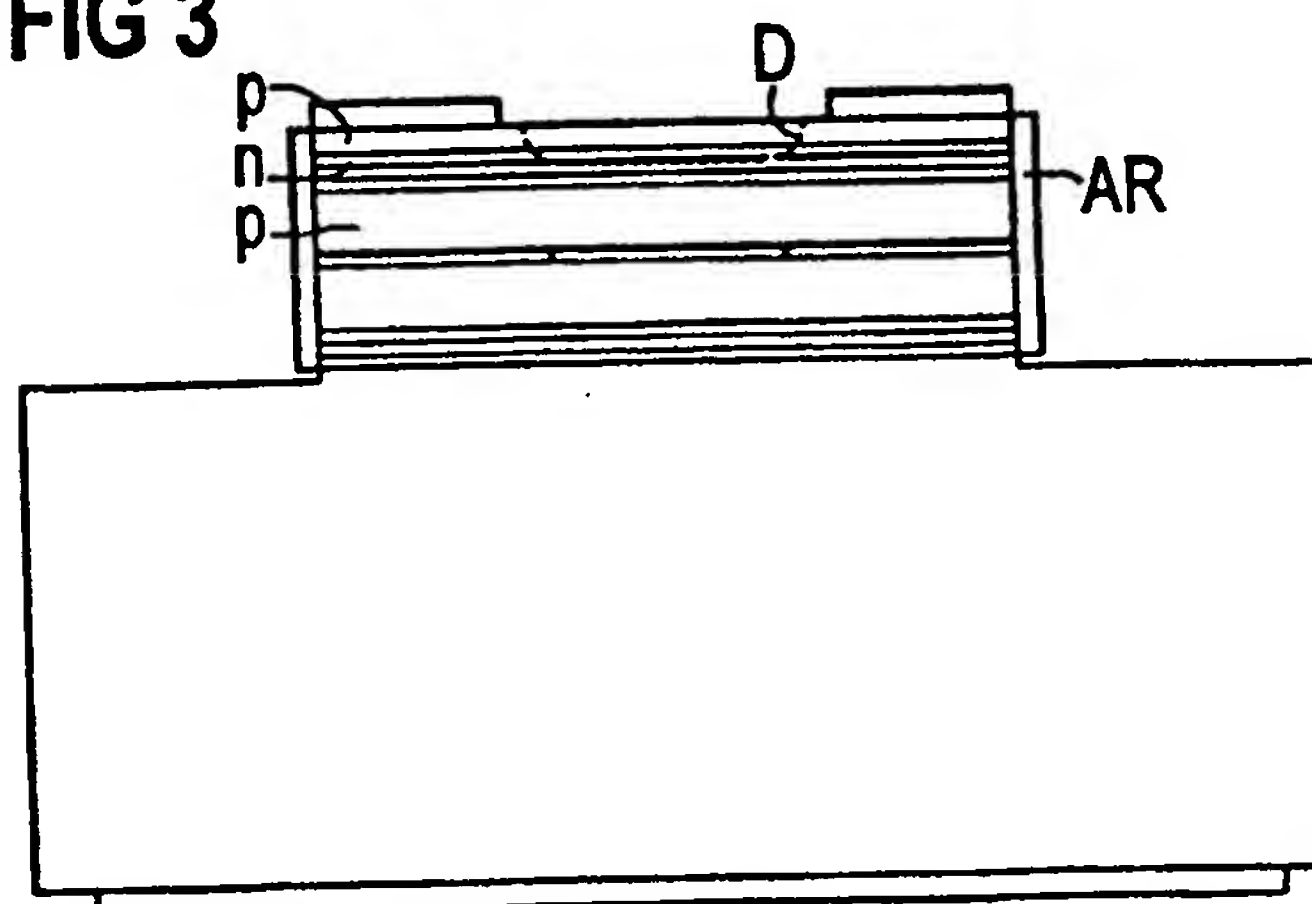


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte rnational Application No
PCT/DE 96/00761A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,5 264 715 (GUENTER JAMES K ET AL) 23 November 1993 see column 8, line 20 - line 51 see column 9, line 13 - column 10, line 29; figures 1-8	1-5,7,8
A	GB,A,1 062 639 (STANDARD TELEPHONES AND CABLES LTD.) 22 March 1967 cited in the application see the whole document	1,3,4
A	EP,A,0 047 591 (NORTHERN TELECOM LTD) 17 March 1982 see page 7, line 15-27; figure 3	1,9



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 September 1996

Date of mailing of the international search report

02. 10. 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

De Laere, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 96/00761

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-5264715	23-11-93	NONE	
GB-A-1062639		DE-B- 1297230	
EP-A-0047591	17-03-82	CA-A- 1139412	11-01-83
		JP-A- 57079688	18-05-82
		US-A- 4342944	03-08-82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 96/00761

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US,A,5 264 715 (GUENTER JAMES K ET AL) 23.November 1993 siehe Spalte 8, Zeile 20 - Zeile 51 siehe Spalte 9, Zeile 13 - Spalte 10, Zeile 29; Abbildungen 1-8 ---	1-5,7,8
A	GB,A,1 062 639 (STANDARD TELEPHONES AND CABLES LTD.) 22.März 1967 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1,3,4
A	EP,A,0 047 591 (NORTHERN TELECOM LTD) 17.März 1982 siehe Seite 7, Zeile 15-27; Abbildung 3 -----	1,9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6.September 1996

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02. 10. 96

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

De Laere, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 96/00761

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-5264715	23-11-93	KEINE	
GB-A-1062639		DE-B- 1297230	
EP-A-0047591	17-03-82	CA-A- 1139412	11-01-83
		JP-A- 57079688	18-05-82
		US-A- 4342944	03-08-82